

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-303458

(43) 公開日 平成10年(1998)11月13日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数2 F D (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平9-123514

(22) 出願日 平成9年(1997)4月24日

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地

(72) 発明者 小出 典克

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者 小池 正好

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(74) 代理人 弁理士 藤谷 修

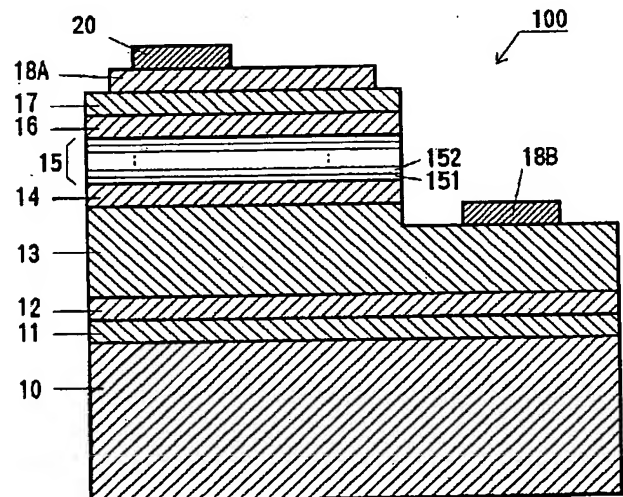
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体素子

(57) 【要約】

【課題】 GaN 系化合物半導体素子の長波長化及び高出力化を実現すること。

【解決手段】 サファイア基板10の上には、AlNから成るバッファ層11、 $\text{In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ から成る熱膨張緩和層12、SiドープのGaNから成る高キャリア濃度 n^+ 層13、 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から成る歪み層14、GaNから成るバリア層151と $\text{In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ から成る井戸層152とが交互に積層された多重量子井戸構造の発光層15、p型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から成るクラッド層16、p型GaNから成るコンタクト層17、及びCoとAuとから成る透光性の電極18Aが順次積層されている。エッチングにより露出した n^+ 層13上にはVとAlとから成る電極18Bが形成されている。発光層15と異なる格子定数を有する歪み層14が発光層15の下側に設けられることにより、格子定数差による歪みが発光層15に付与され、発光波長が長波長化する。又、熱膨張緩和層12を設けることにより基板10の熱膨張による影響を除去でき、高出力化できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 活性層と異なる格子定数を有した第 1 の半導体層が前記活性層の基板側に設けられることにより、前記活性層と前記第 1 の半導体層との格子定数差により前記活性層に対して歪みが付与され、前記基板の熱膨張による前記活性層への歪みの影響を緩和する第 2 の半導体層が前記第 1 の半導体層に対して前記基板側に設けられたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【請求項 2】 前記第 1 の半導体層は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$) から成り、前記第 2 の半導体層は $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < y \leq 1$) から成ることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、長波長化が可能な窒化ガリウム系化合物半導体素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 窒化ガリウム (GaN) 系化合物半導体は、紫外線領域から赤色領域の発光波長が得られる素子として期待されている。従来、GaN 系化合物半導体においては、通常基板としてサファイアを用いているが、サファイアと GaN 系化合物半導体との熱膨張係数の差異により半導体層に歪みが生じ、光学的特性に悪影響を与えていた。このために、例えばサファイア基板上にバッファ層、 AlGaInN から成る発光層を形成した素子において、組成の異なる層を順次積層し、発光層の格子欠陥を低減し、素子特性を向上させたものが知られている (特開平 8-70139 号公報)。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来技術では発光波長を長波長化するためには発光層における In の組成比を増大させることになるが、この In 組成比の増加により結晶性が劣化し、発光強度が大幅に低減するという問題がある。

【0004】 従って、本発明の目的は、上記課題に鑑み、GaN 系化合物半導体素子の長波長化及び高出力化を実現することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記の課題を解決するために、請求項 1 に記載の手段によれば、GaN 系化合物半導体素子において、活性層と異なる格子定数を有した第 1 の半導体層が活性層の基板側に設けられることにより、活性層と第 1 の半導体層との格子定数差により活性層に対して歪みが付与されるので、半導体層の組成比を変化させずに長波長化が可能になる。又、基板の熱膨張による活性層への歪みの影響を緩和する第 2 の半導体層が第 1 の半導体層に対して基板側に設けられることにより、基板の熱膨張による影響を除去できるので、高出力化が可能となる。

【0006】 又、請求項 2 に記載の手段によると、第 1 の半導体層を $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$) で構成することにより、活性層に対して効果的に歪みを付与でき、第 2 の半導体層を $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < y \leq 1$) で構成することにより、基板の熱膨張による影響を効果的に除去できる。

【0007】

【発明の実施の形態】 以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図 1 は、サファイア基板 10 上に形成された GaN 系化合物半導体で形成された発光素子 100 の模式的な断面構成図である。基板 10 の上には窒化アルミニウム (AlN) から成る膜厚約 25nm のバッファ層 11 が設けられ、その上に $\text{In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ から成る膜厚約 200nm の熱膨張緩和層 (第 2 の半導体層) 12 が形成されている。熱膨張緩和層 12 の上にはシリコン (Si) ドープの GaN から成る膜厚約 4.0 μm の高キャリア濃度 n^+ 層 13 が形成されている。この高キャリア濃度 n^+ 層 13 の上に $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から成る膜厚約 40nm の歪み層 (第 1 の半導体層) 14 が形成されている。

【0008】 そして、歪み層 14 の上に膜厚約 35 Å の GaN から成るバリア層 151 と膜厚約 35 Å の $\text{In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ から成る井戸層 152 とが交互に積層された多重量子井戸構造 (MQW) の発光層 (活性層) 15 が形成されている。バリア層 151 は 6 層、井戸層 152 は 5 層である。発光層 15 の上には p 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から成る膜厚約 50nm のクラッド層 16 が形成されている。さらに、クラッド層 16 の上には p 型 GaN から成る膜厚約 100nm のコンタクト層 17 が形成されている。

【0009】 又、コンタクト層 17 の上には金属蒸着による透光性の電極 18A が、 n^+ 層 13 上には電極 18B が形成されている。透光性の電極 18A は、コンタクト層 17 に接合する膜厚約 40 Å のコバルト (Co) と、この Co に接合する膜厚約 60 Å の金 (Au) とで構成されている。電極 18B は膜厚約 200 Å のバナジウム (V) と膜厚約 1.8 μm のアルミニウム (Al) 又は Al 合金で構成されている。

【0010】 次に、この発光素子 100 の製造方法について説明する。上記発光素子 100 は、有機金属気相成長法 (以下「MOVPE」と略す) による気相成長により製造された。用いられたガスは、アンモニア (NH_3)、キャリアガス (H_2, N_2)、トリメチルガリウム ($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$) (以下「TMG」と記す)、トリメチルアルミニウム ($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$) (以下「TMA」と記す)、トリメチルインジウム ($\text{In}(\text{CH}_3)_3$) (以下「TMI」と記す)、シラン (SiH_4) とシクロペンタジエニルマグネシウム ($\text{Mg}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$) (以下「 Cp_2Mg 」と記す) である。

【0011】 まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄した a 面を主面とした単結晶の基板 10 を MOVPE 装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧で H_2 を流速 2 liter/分で約 30 分間反応室に流しながら温度 1100°C で基板 10 をベーキングした。

【0012】次に、温度を400℃まで低下させて、 H_2 を20liter/分、 NH_3 を10liter/分、TMAを 1.8×10^{-5} モル/分で供給してAlNから成るバッファ層11を約25nmの膜厚に形成した。バッファ層11の形成後、温度を600℃まで上昇させ、 N_2 又は H_2 、 NH_3 の供給量を一定として、TMGを 7.2×10^{-5} モル/分、TMIを 0.19×10^{-4} モル/分で供給して、膜厚約2000Åの $In_{0.20}Ga_{0.80}N$ から成る熱膨張緩和層12を形成した。次に、基板10の温度を1150℃に保持し、 H_2 を20liter/分、 NH_3 を10liter/分、TMGを 1.7×10^{-4} モル/分、 H_2 ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを 20×10^{-8} モル/分で供給し、膜厚約4.0 μm 、電子濃度 $2 \times 10^{18}/cm^3$ 、Si濃度 $4 \times 10^{18}/cm^3$ のGaNから成る高キャリア濃度 n^+ 層13を形成した。次に、基板10の温度を1100℃に保持し、 N_2 又は H_2 を10liter/分、 NH_3 を10liter/分、TMGを 1.0×10^{-4} モル/分、TMAを 1.0×10^{-4} モル/分で供給して、膜厚約40nmの $Al_{0.15}Ga_{0.85}N$ から成る歪み層14を形成した。

【0013】上記の歪み層14を形成した後、続いて、 N_2 又は H_2 を20liter/分、 NH_3 を10liter/分、TMGを 2.0×10^{-4} モル/分で供給して、膜厚約35ÅのGaNから成るバリア層151を形成した。次に、 N_2 又は H_2 、 NH_3 の供給量を一定として、TMGを 7.2×10^{-5} モル/分、TMIを 0.19×10^{-4} モル/分で供給して、膜厚約35Åの $In_{0.20}Ga_{0.80}N$ から成る井戸層152を形成した。さらに、バリア層151と井戸層152を同一条件で5周期形成し、その上にGaNから成るバリア層151を形成した。このようにして5周期のMQW構造の発光層15を形成した。

【0014】次に、基板10の温度を1100℃に保持し、 N_2 又は H_2 を10liter/分、 NH_3 を10liter/分、TMGを 1.0×10^{-4} モル/分、TMAを 1.0×10^{-4} モル/分、 CP_2Mg を 2×10^{-5} モル/分で供給して、膜厚約50nm、濃度 $5 \times 10^{19}/cm^3$ のマグネシウム(Mg)をドーピングしたp型 $Al_{0.15}Ga_{0.85}N$ から成るクラッド層16を形成した。

【0015】次に、基板10の温度を1100℃に保持し、 N_2 又は H_2 を20liter/分、 NH_3 を10liter/分、TMGを 1.12×10^{-4} モル/分、 CP_2Mg を 2×10^{-5} モル/分で供給して、膜厚約100nm、濃度 $5 \times 10^{19}/cm^3$ のMgをドーピングしたp型GaNから成るコンタクト層17を形成した。

【0016】次に、コンタクト層17の上にエッチングマスクを形成し、所定領域のエッチングマスクを除去して、エッチングマスクで覆われていない部分のコンタクト層17、クラッド層16、発光層15、歪み層14、 n^+ 層13の一部を塩素を含むガスによる反応性イオンエッチングによりエッチングして、 n^+ 層13の表面を露出させた。

【0017】次に、エッチングマスクを残した状態で、全面にフォトリソグرافを塗布し、フォトリソグラフィにより n^+ 層13の露出面上の所定領域に窓を形成し、 10^{-6} Torrオーダ以下の高真空中に排気した後、膜厚約200Å

のバナジウム(V)と膜厚約1.8 μm のAlを蒸着する。この後、フォトリソグراف及びエッチングマスクを除去することにより、 n^+ 層13の露出面上に電極18Bが形成される。

【0018】続いて、表面上にフォトリソグرافを塗布し、フォトリソグرافによりコンタクト層17上の電極形成部分のフォトリソグرافを除去して窓を形成し、コンタクト層17を露出させる。露出させたコンタクト層17の上に、 10^{-6} Torrオーダ以下の高真空中に排気した後、Coを膜厚約40Åに成膜し、このCo上にAuを膜厚約60Åに成膜する。次に、試料を蒸着装置から取り出し、リフトオフ法によりフォトリソグراف上に堆積したCoとAuとを除去し、コンタクト層17に対する透光性の電極18Aを形成する。

【0019】次に、電極18A上の一部にボンディング用の電極パッド20を形成するために、フォトリソグرافを一様に塗布して、その電極パッド20の形成部分のフォトリソグرافに窓を形成する。次に、CoとAu、Al、又は、それらの合金を膜厚1.5 μm 程度に、蒸着により成膜させ、リフトオフ法により、フォトリソグراف上に蒸着により堆積したCoとAu、Al、又はそれらの合金から成る膜を除去して、電極パッド20を形成する。その後、試料雰囲気真空ポンプで排気し、 O_2 ガスを供給して圧力3Paとし、その状態で雰囲気温度を約550℃にして、3分程度、加熱し、コンタクト層17、クラッド層16をp型低抵抗化すると共にコンタクト層17と電極18Aとの合金化処理、 n^+ 層13と電極18Bとの合金化処理を行った。このようにして、 n^+ 層13に対する電極18Bとコンタクト層17に対する電極18Aを形成した。

【0020】発光素子100を上記構成とすることにより、図2に示される特性結果が得られた。尚、図2には比較例として従来構造の場合と、従来構造に歪み層14のみを付加した場合の特性結果も示した。図2に示されるように、従来構造では発光波長が約480nmで、出力が約200 μW であった。この従来構造に歪み層14のみを付加した場合には、発光波長が約520nmに長波長化する。この発光波長の長波長化は歪み層14が発光層15と異なる格子定数を有し、この格子定数差による歪みが発光層15に付与されたためと推察される。歪み層14のみを付加した場合には、長波長化できるが、出力は約50 μW に大幅に低減した。この出力の低減は、発光層15が基板10の熱膨張による影響を受けたためと考えられる。一方、本実施例の如く歪み層14と熱膨張緩和層12とを備えることにより、発光波長を約520nmに長波長化できると共に、約200 μW の高出力を得ることができた。これは、熱膨張緩和層12により基板10の熱膨張による影響を除去できたためと推察される。このように歪み層14と熱膨張緩和層12とを備えることにより、長波長化と高出力とを実現できる。

【0021】本実施例では熱膨張緩和層12の組成を $\text{In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ としたが、 $\text{In}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ ($0 \leq Y \leq 1$)を満たしていればよい。特に、Inを入れることで効果的に基板10からの熱応力を緩和できるので、望ましくは $Y \neq 0$ がよい。又、熱膨張緩和層12の膜厚は100nm以上であればよい。熱膨張緩和係数12の膜厚は、100nmより薄いと熱応力の緩和の効果が小さくなるので望ましくない。

又、本実施例では歪み層14の組成を $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ としたが、 $\text{Al}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$ ($0 \leq X \leq 1$)を満たしていればよい。特に、Alを入れることで発光層15に効果的に歪みを付与できるので、望ましくは $X \neq 0$ がよい。又、歪み層14の膜厚は10~500nmの範囲であればよい。歪み層14の膜厚が10nmより薄いと発光層15に対して歪みが効果的に付与されず、500nmより厚いとクラックが発生するため、望ましくない。又、本実施例では、発光素子100の発光層15はMQW構造としたが、SQWや $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 等から成る単層、その他、任意の混晶比の4元、3元系のAlInGaNとしても良い。MQW、SQWの方がより効果的に歪みが入りやすくなり、波長シフト効果が大きくなるので望ましい。又、本発明はLEDやLDなどの発光素子や受光素子に適用できる。尚、本実施例では、歪み層14と熱膨張緩和層12とを設けた構成としたが、長波長化のみを目的とする場合には、出力レベルが低下するが、歪み層14のみを設けた構成としてよい。

【0022】上記に示されるように、本発明によれば、*

* 発光層の格子定数と異なる半導体層を発光層の基板側に設けることにより、発光層とその半導体層との格子定数差によって発光層に対して歪みが付与され、長波長化が可能となる。又、熱膨張緩和層を設けることにより、基板の熱膨張による影響を除去できるので、高発光強度を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

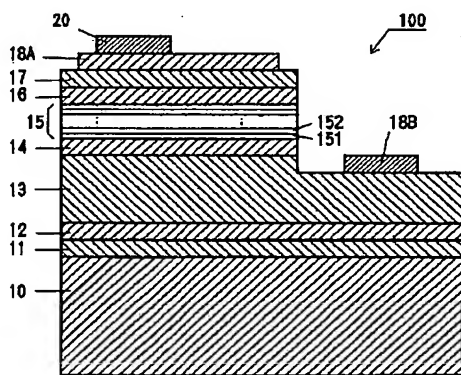
【図1】本発明の具体的な実施例に係わる半導体発光素子の構成を示した模式図。

【図2】本発明の具体的な実施例に係わる半導体発光素子の出力及び発光波長を示した特性図。

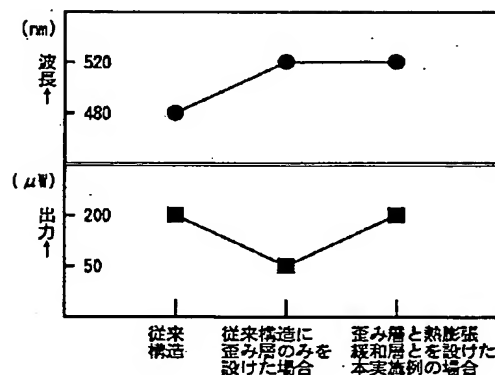
【符号の説明】

10	サファイア基板
11	バッファ層
12	熱膨張緩和層
13	高キャリア濃度 n^+ 層
14	歪み層
15	発光層
16	クラッド層
17	コンタクト層
18A	p電極
18B	n電極
20	電極パッド
100	発光素子
151	バリア層
152	井戸層

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 浅見 慎也
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 梅崎 潤一
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内